

М.Ю. Васильев

ИСЭМ, Иркутск

А.Ю. Филатов

ИГУ, Иркутск

Модели стратегического взаимодействия сетевых и генерирующих компаний на рынке передачи электроэнергии¹

В статье рассматривается стратегическое взаимодействие компаний на рынке передачи электроэнергии в рамках простейшей двухузловой электроэнергетической системы. Исследуются четыре возможных варианта функционирования рассматриваемого рынка: гарантированная регулируемая и нерегулируемая сетевая монополия, сетевая монополия в условиях потенциальной конкуренции с независимой сетевой и генерирующей компаниями. Анализируются возможные последствия и побочные эффекты вертикальной дезинтеграции, в частности, влияние такого регулирования на цены и пропускные способности сетей. Показано, что упразднение монопольных привилегий на передачу электроэнергии в сочетании с возможностью строительства и эксплуатации сетевых объектов генерирующими компаниями является эффективным средством снижения цен на электроэнергию.

Ключевые слова: олигополия, монополия, стратегическое взаимодействие, потенциальная конкуренция, равновесие Нэша, рынок передачи электроэнергии.

Классификация JEL: D21, L13, L94.

1. Введение

Во многих странах в результате реформирования электроэнергетики происходит переход от вертикально-интегрированной структуры отрасли, некогда сочетавшей генерацию, передачу и распределение электроэнергии в рамках одной компании (рис. 1а), к дезинтегрированной структуре, ключевым элементом которой является принцип отделения передающих и распределяющих сетей от генерации, реализации и потребления электроэнергии (рис. 1б). В соответствии с этим принципом компания не может одновременно владеть и управлять генерирующими и передающими мощностями. Если компания владеет генерирующими и передающими активами, она должна передать сети в управление специализированному субъекту (сетевая компания, системный оператор и т.д.) либо – быть разделена на гене-

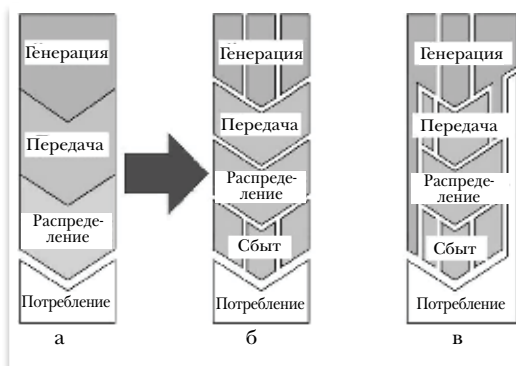


Рис. 1

Организационные структуры электроэнергетики: а) вертикально-интегрированная монополия; б) вертикально-дезинтегрированная структура; в) структура, включающая элементы вертикальной интеграции.

¹ Авторы благодарны В.М. Полтеровичу, а также анонимному рецензенту журнала за ряд ценных замечаний и рекомендаций, позволивших улучшить содержание работы.

рирующую и регулируемую сетевую компании. Пример применения этого принципа можно увидеть в электроэнергетике Великобритании (Surrey, 1996; Lamoureux, 2001a, Lamoureux, 2001b), США (Barkovich, Hawk, 1996), Аргентины, Чили (Rudnick, 1996) и других стран.

Российская реформа электроэнергетики также ориентирована на создание конкурентной среды в генерации электроэнергии при сохранении сетей в качестве естественной монополии, подлежащей жесткому государственному регулированию (Voropai, Palamarchuk, Podkovalnikov, 2002; Lamoureux, Palamarchuk, Voropai, 2003; Давидсон и др., 2004).

Основные принципы регулирования электроэнергетики России прописаны в законах «Об электроэнергетике» (Федеральный закон Российской Федерации № 35, 2003) и «Об особенностях функционирования электроэнергетики в переходный период...» (Федеральный закон Российской Федерации № 36, 2003). В соответствии с этими законами вводится запрет на совмещение деятельности по передаче электроэнергии с деятельностью по производству и реализации электроэнергии. Компаниям запрещено иметь в собственности одновременно, например, генерирующее оборудование и сети. Также запрещено аффилирование, т.е. генерирующая компания не может владеть акциями сетевой компании (в пределах одной ценовой зоны), и наоборот. Принцип отделения сетей применяется не только к изолированным энергосистемам, где конкуренция считается ограниченной, но и к гарантирующим поставщикам.

Компании, не связанные с производством и реализацией электроэнергии, могут владеть сетями, если они используются исключительно для собственных производственных нужд и не соответствуют критериям отнесения к единой национальной электрической сети (напряжение не выше 220 кВ, не пересекают границы Российской Федерации и ее регионов, не присоединяются к крупным электростанциям и узлам нагрузки) (Постановление Правительства РФ, 2006). Фактически принятое в России регулирование запрещает как вертикальную интеграцию производства и передачи электроэнергии в рамках одной компании, так и создание независимых сетевых компаний или коммерческих линий электропередачи.

При регулировании монополий регулирующие органы сталкиваются с многочисленными проблемами в достижении целей максимизации общественного благосостояния (Joskow, 2007, 2008). В отличие от применяющихся в теоретических моделях предположений регулятор не обладает полной информацией о технологии производственного процесса и затратах естественной монополии, потребительском спросе и других важных показателях (Laffont, Tirole, 1993). При этом регулируемая фирма может стратегически использовать имеющееся у нее информационное преимущество в своих интересах (Owen, Braeutigam, 1978). Данные проблемы усиливаются в случае сговора

регулируемой фирмы и регулятора, а также при «захвате» регулятора третьими заинтересованными силами (Stiegler, 1971).

Нельзя не учитывать, что регулирование само по себе требует существенных финансовых и человеческих ресурсов, а также характеризуется значительным ростом «бюрократических издержек», выражающихся, помимо прочего, в увеличении времени на принятие решений и в целом более консервативной политике регулируемых компаний, в том числе при принятии инвестиционных решений (Joskow, 2010). Эти издержки можно было бы считать оправданными, если бы они приводили к общественному оптимуму. Однако российская практика показала, что реформирование не привело к снижению цен на электроэнергию, – наоборот, тарифы существенно выросли. Более того, как отмечает Президент России Дмитрий Медведев²: «особенно вызывающе выглядят сетевые компании».

В связи с этим авторы считают полезным исследовать в качестве возможной альтернативы принципу вертикальной дезинтеграции модель потенциальной конкуренции (Baumol, Panzar, Willig, 1982) сетевой монополии с независимой сетевой или генерирующей компанией. Модель должна учитывать возможное изменение цен при вхождении нового конкурента в сферу передачи электроэнергии (Martin, 2000).

Имеются определенные эффекты, из-за которых структура, включающая элементы вертикальной интеграции (рис. 1в), может оказаться более эффективной, особенно на начальной стадии переходного периода. К числу таких эффектов относится экономия на охвате, которая наблюдается в области снабжения потребителей электроэнергией, газом и водой (Farsi, Fetz, Filippini, 2008). Однако она не изучена для случаев объединения в рамках одной компании функций производства и передачи электроэнергии. Также существует эффект роста рисков инвестиций при дезинтеграции электроэнергетики (Кузнецов, 2001; Vassiliev, 2005).

Следует отметить, что некоторые стратегии реформирования электроэнергетики России допускали как сохранение и развитие вертикально-интегрированных компаний, так и возникновение независимых сетевых компаний (Львов, Чернавский, 2000; Кузнецов, Лебедев, Львин, 1999). Однако была принята стратегия, разработанная РАО «ЕЭС России».

В чем может оказаться преимущество вертикально-интегрированной структуры? Во-первых, в этом случае сокращаются транзакционные издержки, связанные с заключением и выполнением контрактов, а также нивелируется риск оппортунистического поведения участников рынка. Во-вторых, вертикально-интегрированная компания обладает большей рыночной силой, что позволяет ей конкурировать на рынке передачи электроэнергии в ситуациях, когда рационально действующая независимая сетевая компания откажется от вступления на рынок. Дополнительным плюсом вертикально-интегрированной ком-

² См. материалы, размещенные на сайте <http://top.rbc.ru/economics/11/03/2011/557400.shtml>.

пании является возможность перераспределения прибыли от различных видов деятельности, что может давать некоторые дополнительные положительные результаты (Hay, Morris, 1996).

Конечно, рыночное регулирование имеет и существенные недостатки. На рынке передачи электроэнергии, в отличие от генерации, имеется значительный положительный эффект масштаба. Кроме того, при попытке создать конкуренцию нельзя не учитывать риски как чрезмерного дублирования сети, так и недопоставки услуг. И в целом, несмотря на мнения отдельных специалистов (Gordon, 1982; DiLorenzo, 1996), большинство экономистов склонны считать рынок передачи электроэнергии естественной монополией.

В то же время может оказаться полезным изучить подходы, не связанные с жестким государственным регулированием, в частности, для выявления наилучших альтернативных механизмов, получения оценки удаленности равновесий, возникающих при их реализации, от общественного оптимума и сопоставления с результатами, которые дает гарантированная регулируемая монополия. Также данное исследование в состоянии выявить некоторые нетривиальные эффекты, возникающие при различных вариантах организации рынка в зависимости от параметров модели и ее начальных условий.

2. Постановка задачи

В работе изучается стратегическое взаимодействие компаний на рынке передачи электроэнергии в рамках простейшей двухузловой ЭЭС, в которой производитель электроэнергии подключен к узлу a , а потребитель – к узлу b (рис. 2).

Исследуются четыре возможных схемы организации рассматриваемого рынка:

- 1) гарантированная регулируемая сетевая монополия (Р);
- 2) гарантированная нерегулируемая сетевая монополия (М);
- 3) сетевая монополия в условиях потенциальной конкуренции с независимой сетевой компанией (М + НСК);
- 4) сетевая монополия в условиях потенциальной конкуренции с генерирующей компанией (М + ГК).

В условиях схем 3 и 4 укоренившаяся на рынке сетевая монополия выступает в роли лидера. На первом шаге она выбирает оптимальный объем инвестиций в расширение имеющихся у нее передающих мощностей (возможно, нулевой) с учетом ожидаемых действий потенциальных конкурентов. В ответ на это независимая сетевая или генерирующая компания, выступающая в роли последователя, принимает решение отказаться от вступления на рынок или войти – в зависимости от того, какой вариант принесет ей большую прибыль. Соответственно, в первом случае специализированная сетевая компания сохра-

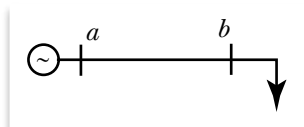


Рис. 2

Двухузловая ЭЭС

няет свой монопольный статус, а во втором – потенциальная конкуренция перерастает в реальную.

Сопоставление вариантов осуществляется, исходя из критерия максимизации общественного благосостояния, что, как будет показано ниже, при некоторых условиях эквивалентно минимизации разницы цен в генерирующем узле и у потребителя, а также максимизации пропускных способностей сетей и объемов передачи электроэнергии с учетом неубыточности данной деятельности.

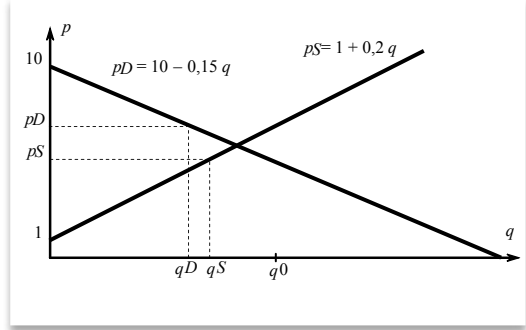


Рис. 3

Спрос и предложение на электроэнергетическом рынке

Примем следующие допущения.

1. На рынке заданы функции спроса $p_D = a - bq$ и предложения $p_S = c + dq$.
2. Существующая ЛЭП между узлами, пропускная способность которой равна q_0 , принадлежит специализированной сетевой монополии.
3. Потери составляют фиксированную долю β от объема передачи (соответственно, до потребителя доходит $q_D = (1 - \beta)q_S \equiv \alpha q_S$).
4. Издержки на увеличение пропускной способности, одинаковые для сетевой монополии и потенциальных конкурентов, равны $TC(\Delta q) = f + g\Delta q + h(\Delta q)^2$.

Численные расчеты будем осуществлять применительно к рынку со спросом $p_D = 10 - 0,15q$ и предложением $p_S = 1 + 0,2q$ (рис. 3). Долю передаваемой электроэнергии примем равной $\alpha = 0,95$. Если не указано особо, издержки на расширение сети составят $TC(\Delta q) = 20 + 0,5\Delta q + 0,1(\Delta q)^2$.

3. Гарантированная регулируемая монополия

Сначала рассмотрим наилучший с точки зрения общественной эффективности вариант гарантируемой регулируемой монополии. Функция общественного благосостояния равняется интегралу разности цен потребителя и производителя за вычетом издержек на производство теряющейся при передаче электроэнергии

$$W(q_S) = \int_{q=0}^{q_D} (p_D(q) - p_S(q)) dq - \int_{q=q_D}^{q_S} p_S(q) dq = (\alpha a - c) q_S - 0,5(\alpha^2 b + d) q_S^2 \rightarrow \max.$$

Точкой максимума функции благосостояния является $q_S = (\alpha a - c) / (\alpha^2 b + d)$. В условиях примера оптимальный объем составляет $q_S = 25,34$.

Заметим, что при небольших потерях ($\alpha \approx 1$) оптимальный объем близок к точке равенства спроса и предложения. Сокращение объема передаваемой электроэнергии приводит к снижению общественного благосостояния, поэтому с учетом неубыточности транспортировки регулирование должно обеспечить максимальные объемы передачи (все готовые покрыть издержки производства получают электроэнергию), минимальную разницу цен в узлах генерации и потребления и наименьшие потери. Такие результаты, как правило, достигаются при нулевой прибыли сетевой компании.

Если в наличии имеется достаточная пропускная способность ($q \leq q_0$), то прибыль сетевой компании равна разности выручки от продажи электроэнергии потребителю и издержек на ее закупку в генерирующем узле:

$$\pi^1 = p_D q_D - p_S q_S = (a - b\alpha q)\alpha q - (c + dq)q = \alpha\alpha q - b\alpha^2 q^2 - cq - dq^2.$$

Приравняв ее к нулю, найдем максимально возможный объем передачи: $q_p^* = (\alpha a - c) / (\alpha^2 b + d)$.

При недостаточной пропускной способности ($q > q_0$) прибыль компании окажется меньше на величину издержек строительства новой ЛЭП:

$$\begin{aligned}\pi^2 &= p_D q_D - p_S q_S - TC(\Delta q) = (a - b\alpha q)\alpha q - (c + dq)q - \\ &\quad - f - g(q - q_0) - h(q - q_0)^2 = \\ &= \alpha\alpha q - b\alpha^2 q^2 - cq - dq^2 - f - gq + gq_0 - hq^2 + 2hq_0 - hq_0^2.\end{aligned}$$

В этом случае прибыль зависит от значения q_0 . Приравняем его к нулю и решим полученное квадратное уравнение:

$$\begin{aligned}\pi^2 &= (\alpha^2 b + d + h)q^2 - (\alpha a - c - g + 2hq_0)q + (f - gq_0 + hq_0^2) = 0, \\ D(q_0) &= (\alpha a - c - g + 2hq_0)^2 - 4(\alpha^2 b + d + h)(f - gq_0 + hq_0^2).\end{aligned}$$

Таким образом, максимально возможный объем передачи составит

$$q^{**}(q_0) = 0,5 \left[(\alpha a - c - g + 2hq_0) + \sqrt{D(q_0)} \right] / (\alpha^2 b + d + h).$$

Заметим, что при любых $f > 0$ будет существовать узкий интервал, когда общественно эффективные объемы передачи превышают имеющуюся пропускную способность ($q_p^* > q_0$), однако расширение пропускной способности приводит к убыткам из-за наличия постоянных издержек при строительстве новой ЛЭП. В данном случае сетевая компания будет полностью использовать имеющуюся пропускную способность ($q = q_0$), но не будет строить дополнительную ЛЭП. При этом она будет получать прибыль.

Новые передающие мощности начинают строить, если q_0 не превышает критический уровень \tilde{q}_p , находящийся из условия $q^{**}(\tilde{q}) = \tilde{q}$. На рис. 4 изображены области различного поведения сетевой монополии в зависимости от имеющейся пропускной способности сетей.

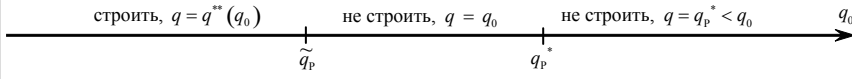


Рис. 4

Области в зависимости от имеющейся пропускной способности

4. Гарантированная нерегулируемая монополия

Рассмотрим другой крайний вариант – гарантированную нерегулируемую монополию. Данный вариант приводит к минимальным объемам передачи электроэнергии и максимальной цене передачи и представляет исключительно академический интерес. Однако целесообразно исследовать его, чтобы лучше понять влияние регулирования на деятельность гарантированной монополии и сравнить с ним исследуемые ниже модели потенциальной конкуренции.

Снова потребуются рассмотреть два случая: наличие и отсутствие достаточных передающих мощностей. Если строительства новой ЛЭП не требуется ($q \leq q_0$), то максимизация прибыли

$$\pi^1 = p_D q_D - p_S q_S = (a - b\alpha q)\alpha q - (c + dq)q = a\alpha q - b\alpha^2 q^2 - cq - dq^2 \rightarrow \max_q$$

приведет к $q_M^* = 0,5(\alpha a - c) / (\alpha^2 b + d)$. Оптимальный с точки зрения нерегулируемого монополиста объем передачи оказывается вдвое меньше общественно эффективного объема: $q_M^* = 0,5q_p^*$.

Если пропускная способность недостаточна ($q > q_0$), то в точке q_0 прибыль уменьшается скачкообразно (необходимо сразу же затратить сумму f постоянных издержек на строительство новой ЛЭП) до величины

$$\begin{aligned} \pi^2 &= p_D q_D - p_S q_S - TC(\Delta q) = (a - b\alpha q)\alpha q - \\ &\quad - (c + dq)q - f - g(q - q_0) - h(q - q_0)^2 = \\ &= a\alpha q - b\alpha^2 q^2 - cq - dq^2 - f - gq + gq_0 - hq^2 + 2hq_0 - hq_0^2. \end{aligned}$$

Максимизируя функцию прибыли, получим:

$$\begin{aligned} a\alpha q - 2b\alpha^2 q - c - 2dq - g - 2hq + 2hq_0 &= 0, \\ q^{**}(q_0) &= 0,5(\alpha a - c - g + 2hq_0) / (\alpha^2 b + d + h). \end{aligned}$$

Максимальная прибыль гарантированной регулируемой монополии может достигаться в точках q^* , $q^{**}(q_0)$ или q_0 в зависимости от имеющейся изначальной пропускной способности. Строительство новых передающих мощностей происходит, если q_0 не превышает критический уровень \tilde{q}_M , для которого $\pi^1(q_0) = \pi^2(q^{**}(\tilde{q}))$. Если же имеющаяся пропускная способность выше уровня q_M^* , то сетевая монополия даже имеющуюся ЛЭП использует лишь частично.

На рис. 5 изображены области различного поведения сетевой монополии в зависимости от имеющейся пропускной способности. Интересен тот факт, что в некоторых случаях изначально небольшая пропускная способность может оказаться «плюсом», так как заставляет сетевую монополию расширять сеть. В то же время при изначально высокой пропускной способности сетевая компания не будет расши-

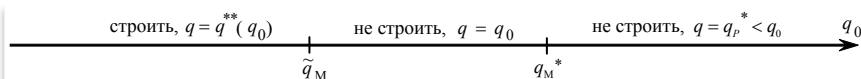


Рис. 5

Области в зависимости от имеющейся пропускной способности

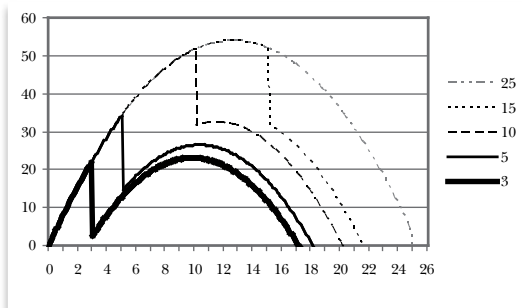


Рис. 6

Зависимость прибыли от объема передачи при разной пропускной способности q_0

рять сеть, чтобы не нести постоянные издержки. Последняя ситуация наглядно показана на рис. 6 в виде графиков прибыли в зависимости от объема передачи q_1 для разной пропускной способности q_0 . Если пропускная способность составляет $q_0 = 3$, то строительство новой ЛЭП, позволяющей увеличить передачу до $q_1 = 9,5$, оказывается экономически выгодным. В то же время более высокая пропускная способность $q_0 = 5$ приводит к тому, что

строить ЛЭП экономически невыгодно и объем передачи становится меньше, чем в предыдущем случае.

При высокой пропускной способности $q_0 = 15$ и $q_0 = 25$ она может использоваться не полностью, а оптимальный объем передачи электроэнергии сетевой монополией составляет $q_1 = 12,7$.

5. Монополия + независимая сетевая компания

В данной модели монополия является лидером, а независимая сетевая компания – последователем, принимающим объем передачи монополии q_1 как данный и решающим исходя из этого, входить ли на рынок передачи электроэнергии и строить ЛЭП объемом q_2 или не делать этого.

Модель независимой сетевой компании. Построим функцию прибыли независимой сетевой компании в случае входа на рынок и максимизируем ее:

$$\begin{aligned} \pi(\text{НСК}) &= p_D \alpha q_2 - p_S q_2 - TC(q_2) = (a - \alpha b(q_1 + q_2)) \alpha q_2 - (c + d(q_1 + q_2)) q_2 - \\ &- f - g q_2 - h q_2^2 = -(\alpha^2 b + d + h) q_2^2 + (\alpha a - c - g - \alpha^2 b q_1 - d q_1) q_2 - f \rightarrow \max, \\ q_2 &= 0,5(\alpha a - c - g - \alpha^2 b q_1 - d q_1) / (\alpha^2 b + d + h). \end{aligned}$$

Независимая сетевая компания не входит на рынок, если ее прибыль $\pi(\text{НСК})$ при любых объемах передачи q_2 окажется отрицательной. Максимум квадратичной функции с отрицательным коэффициентом при q_2^2 отрицателен, если дискриминант соответствующего квадратного уравнения меньше нуля: $D = (\alpha a - c - g - \alpha^2 b q_1 - d q_1)^2 - 4(\alpha^2 b + d + h)f < 0$. Решив полученное неравенство:

$$\alpha a - c - g - \alpha^2 b q_1 - d q_1 \in \left(-2\sqrt{(\alpha^2 b + d + h)f}; 2\sqrt{(\alpha^2 b + d + h)f} \right),$$

найдем, что независимая сетевая компания воздержится от выхода на рынок при объемах передачи сетевой монополии, превышающих определенную величину:

$$q_1 > \tilde{q}_{\text{НСК}} = \left[\alpha a - c - g - 2\sqrt{(\alpha^2 b + d + h)f} \right] / (\alpha^2 b + d).$$

Модель сетевой монополии.

Лидер, сетевая монополия, будет осуществлять выбор с учетом скачкообразного роста прибыли в точке $\tilde{q}_{\text{НСК}}$, в которой конкурент не входит на рынок, а также скачкообразного падения прибыли в точке q_0 , в которой требуется расширение сети. При этом последовательность точек $\tilde{q}_{\text{НСК}}$ и q_0 может быть различной.

Для представленного в работе численного примера критическая пропускная способность, защищающая сетевую монополию от конкуренции, составляет $\tilde{q}_{\text{НСК}} = 6,3$. Соответственно, при малой пропускной способности $q_0 = 3$ и $q_0 = 5$ сначала происходит падение прибыли, а затем ее рост, а для высоких значений $q_0 = 10$, $q_0 = 15$ и $q_0 = 25$ – наоборот. На рис. 7 представлены графики прибыли в зависимости от объема передачи q_1 для разной имеющейся пропускной способности q_0 .

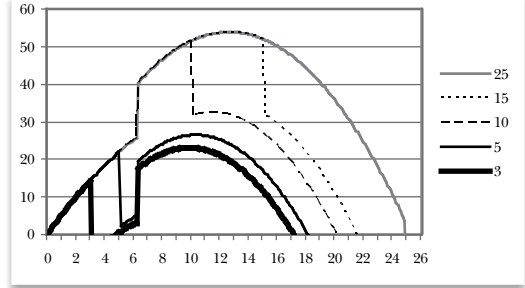


Рис. 7

Зависимость прибыли от объема передачи при разной пропускной способности q_0

I. Исследуем подробнее первый вариант, характеризующийся низкой пропускной способностью сети $q_0 < \tilde{q}_{\text{НСК}}$. На рис. 8 графически показаны возможные стратегии сетевой монополии и соответствующие объемы передаваемой электроэнергии q_1 . Подсчитаем оптимальные объемы передачи электроэнергии для каждой возможной стратегии сетевой монополии.

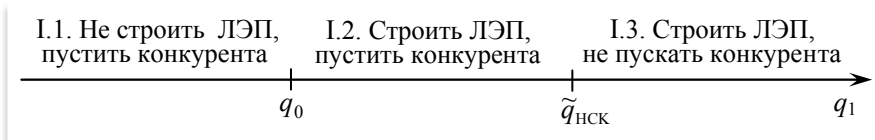


Рис. 8

Возможные стратегии сетевой монополии

I.1. Стратегия «не строить ЛЭП, пустить конкурента на рынок» реализуется, если $q_1 \leq q_0$. Тогда прибыль сетевой компании составит:

$$\pi^1(M) = p_D \alpha q_1 - p_S q_1 = (a - \alpha b(q_1 + q_2)) \alpha q_1 - (c + d(q_1 + q_2)) q_1 =$$

$$= \left(a - \alpha b \left(q_1 + \frac{\alpha a - c - g - \alpha^2 b q_1 - d q_1}{2(\alpha^2 b + d + h)} \right) \right) \alpha q_1 - \\ - \left(c + d \left(q_1 + \frac{\alpha a - c - g - \alpha^2 b q_1 - d q_1}{2(\alpha^2 b + d + h)} \right) \right) q_1,$$

а с учетом принятых обозначений –

$$x = 0,5 \frac{\alpha a - c - g}{(\alpha^2 b + d + h)}, \quad \tilde{a} = \alpha a - \alpha^2 b x, \quad \tilde{c} = c + dx,$$

$$y = 0,5 \frac{\alpha^2 b + d}{(\alpha^2 b + d + h)}, \quad \tilde{b} = \alpha^2 b (1 - y), \quad \tilde{d} = d (1 - y),$$

максимизируемая функция прибыли сетевой монополии примет вид $\pi^1(M) = \tilde{a} q_1 - \tilde{b} q_1^2 - \tilde{c} q_1 - \tilde{d} q_1^2 \rightarrow \max$. Приравняв производную к нулю, найдем оптимальный объем^{q1} передачи электроэнергии $q_1^1 = 0,5(\tilde{a} - \tilde{c}) / (\tilde{b} + \tilde{d})$.

И.2. Стратегия «*строить ЛЭП, пустить конкурента на рынок*» реализуется, если $q_1 \in (q_0; \tilde{q}_{\text{НСК}}]$. Прибыль сетевой компании будет больше $\pi^1(M)$ на стоимость строительства новой ЛЭП. С учетом принятых выше обозначений она примет вид

$$\pi^2(M) = \tilde{a} q_1 - \tilde{b} q_1^2 - \tilde{c} q_1 - \tilde{d} q_1^2 - f - g(q_1 - q_0) - h(q_1 - q_0)^2 \rightarrow \max_{q_1}.$$

Оптимальный объем передачи составит $q_1^2 = 0,5(\tilde{a} - \tilde{c} - g + 2hq_0) / (\tilde{b} + \tilde{d} + h)$.

И.3. Стратегия «*строить ЛЭП, не пускать конкурента*» реализуется, если $q_1 > \tilde{q}_{\text{НСК}}$. Прибыль сетевой компании формируется с учетом того, что компания остается монополистом, однако при этом она несет издержки по строительству новой ЛЭП:

$$\pi^3(M) = \alpha a q_1 - \alpha^2 b q_1^2 - c q_1 - d q_1^2 - f - g(q_1 - q_0) - h(q_1 - q_0)^2 \rightarrow \max_{q_1}.$$

Оптимальный объем передачи электроэнергии будет равен

$$q_1^3 = 0,5(\alpha a - c - g + 2hq_0) / (\alpha^2 b + d + h).$$

II. Второй вариант характеризуется высокой пропускной способностью сети $q_0 \geq \tilde{q}_{\text{НСК}}$ и отличается последовательностью критических точек. На рис. 9 представлены возможные стратегии сетевой монополии и соответствующие объемы передаваемой электроэнергии q_1 . При этом можно заметить, что *первая и третья ситуации совпадают с уже исследованными*. В то же время плюсом для сетевой монопо-

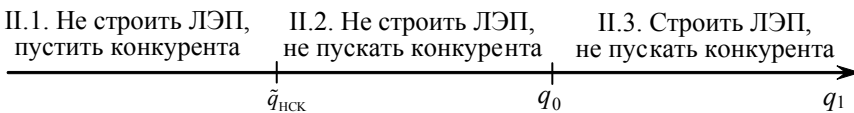


Рис. 9

Возможные стратегии сетевой монополии

лии является наличие участка, на котором уже имеющейся изначально пропускной способности сети достаточно для того, чтобы остаться монополистом.

П.2. Стратегия «не строить ЛЭП, не пускать конкурента» реализуется при $q \in [\tilde{q}_{\text{НСК}}; q_0]$. Издержки сетевой компании в этом случае не включают строительство новой ЛЭП, а цены в узлах формируются с учетом того, что передачу электроэнергии в объеме q_1 осуществляет лишь монополист:

$$\pi^2(M) = \alpha a q_1 - \alpha^2 b q_1^2 - c q_1 - d q_1^2 \rightarrow \max_{q_1}.$$

Оптимальный объем передачи составит $q_1^2 = (\alpha a - c) / (\alpha^2 b + d)$.

Монополист, имея в распоряжении все представленные выше стратегии поведения, выбирает ту, которая обеспечивает ему максимальную прибыль с учетом возможного ответа потенциального конкурента.

6. Монополия + генерирующая компания

В данной модели потенциальным конкурентом выступает не независимая сетевая, а генерирующая компания. Несмотря на то что подобный вариант недопустим по существующему в настоящее время в России законодательству, он имеет существенные преимущества перед потенциальной конкуренцией с независимой сетевой компанией. Причина этого состоит в том, что входящая на рынок передачи электроэнергии генерирующая компания получает прибыль как от передачи, так и от генерации, и заинтересована в линиях с большей пропускной способностью. Кроме того, вертикально-интегрированная компания более устойчива к расширению пропускной способности сетевой монополией и остается на рынке передачи электроэнергии в то время, когда независимая сетевая компания уже давно бы этот рынок покинула.

Снова обозначим величинами q_1 и q_2 объемы передачи монополии и потенциального конкурента. Для того чтобы выявить условия, при которых генерирующая компания будет конкурировать на рынке передачи энергии, сравним ее прибыли в случае входа и отсутствия входа на рынок.

Модель генерирующей компании. Если генерирующая компания не входит на рынок передачи электроэнергии, она получает прибыль только от генерации, продавая произведенную электроэнергию сетевой монополии в объеме q_1 по цене $p_s = c + d q_1$. Выручка при этом составит величину $TR(\text{ГК}) = p_s q_1 = (c + d q_1) q_1 = c q_1 + d q_1^2$. При предположении, что кривая предложения определяется предельными издержками производства, функция суммарных издержек примет вид $TC(\text{ГК}) = c q_1 + 0,5 d q_1^2$, а прибыль будет равна $\pi^1(\text{ГК}) = TR(\text{ГК}) - TC(\text{ГК}) = 0,5 d q_1^2$. В то же время в модели допустимо не связывать функцию предложения с издержками и оставлять про-

цесс ее формирования на усмотрение генерирующей компании. Если представление заявок на продажу электроэнергии происходит по ценам, превосходящим краткосрочные предельные издержки, все выводы только усиливаются.

Прибыль генерирующей компании, входящей на рынок передачи, складывается из того, что она продает произведенную электроэнергию сетевой компании в объеме q_1 по цене p_s , а конечному потребителю – в объеме αq_2 (с учетом потерь) по цене p_D . Функции выручки и издержек (последние – с учетом предположения о связи между издержками и ценой предложения) примут вид:

$$TR(\text{ГК}) = p_s q_1 + p_D \alpha q_2 = (c + d(q_1 + q_2))q_1 + (a - \alpha b(q_1 + q_2))\alpha q_2,$$

$$TC(\text{ГК}) = c(q_1 + q_2) + 0,5d(q_1 + q_2)^2 + f + gq_2 + hq_2^2.$$

Тогда прибыль окажется равной

$$\pi^2(\text{ГК}) = TR(\text{ГК}) - TC(\text{ГК}) = c q_1 + d q_1^2 + d q_1 q_2 + \alpha a q_2 - \alpha^2 b q_1 q_2 - \alpha^2 b q_2^2 - c q_1 - c q_2 - 0,5 d q_1^2 - d q_1 q_2 - 0,5 d q_2^2 - f - g q_2 - h q_2^2.$$

Найдем разность прибылей генерирующей компании в двух рассмотренных ситуациях и максимизируем ее:

$$\pi^2(\text{ГК}) - \pi^1(\text{ГК}) = -(\alpha^2 b + 0,5d + h)q_2^2 + (\alpha a - c - g - \alpha^2 b q_1)q_2 - f \rightarrow \max_{q_2}.$$

Получим, что в случае входа на рынок передачи электроэнергии генерирующая компания должна осуществлять передачу в объеме $q_2 = (\alpha a - c - g - \alpha^2 b q_1) / (2\alpha^2 b + d + 2h)$.

Генерирующая компания откажется входить на рынок передачи электроэнергии, если даже в точке максимума разность получаемых прибылей (в новой и исходной ситуациях) окажется отрицательной:

$$\pi^2(\text{ГК}) - \pi^1(\text{ГК}) = -(\alpha^2 b + 0,5d + h)q_2^2 + (\alpha a - c - g - \alpha^2 b q_1)q_2 - f < 0.$$

Это произойдет, если отрицательным окажется дискриминант соответствующего квадратного уравнения относительно q_2 : $D = (\alpha a - c - g - \alpha^2 b q_1)^2 - 4(\alpha^2 b + 0,5d + h)f < 0$.

Решив данное неравенство, получим

$$\alpha a - c - g - \alpha^2 b q_1 \in \left(-\sqrt{(4\alpha^2 b + 2d + 4h)f}; \sqrt{(4\alpha^2 b + 2d + 4h)f} \right),$$

$$\alpha^2 b q_1 > \alpha a - c - g - \sqrt{(4\alpha^2 b + 2d + 4h)f}.$$

Таким образом, генерирующая компания не конкурирует с существующей сетевой монополией только в том случае, когда $q_1 > \tilde{q}_{\text{ГК}}$, где критическая точка $\tilde{q}_{\text{ГК}}$ вычисляется по формуле

$$\tilde{q}_{\text{ГК}} = \left(\alpha a - c - g - \sqrt{(4\alpha^2 b + 2d + 4h)f} \right) / \alpha^2 b.$$

Модель сетевой монополии. Так же, как и в рассмотренной выше модели «М+НСК», здесь будут два критических момента: 1) в точке $\tilde{q}_{\text{ГК}}$, в которой генерирующая компания перестает входить на рынок, ожидается скачкообразный рост прибыли сетевой монополии; 2) в точке q_0 , в ко-

торой требуется расширение сети, произойдет скачкообразное падение прибыли.

Последовательность точек $\tilde{q}_{ГК}$ и q_0 по-прежнему может быть различной, однако, как правило, генерирующая компания отказывается от входа на рынок при значительно больших объемах передачи сетевой монополии. В частности, для рассматриваемого численного примера критическая пропускная способность, защищающая сетевую монополию от конкуренции, составляет $\tilde{q} = 20,8 \gg 6,3$. Таким образом, для всех исследуемых значений имеющейся пропускной способности, кроме $q_0 = 25$, выполняется условие $\tilde{q}_{ГК} > q_0$, а потенциальная конкуренция превращается в реальную.

На рис. 10 представлены графики прибыли в зависимости от объема передачи q_1 для разной имеющейся пропускной способности q_0 . Если сделать замену

$$x = \frac{\alpha a - c - g}{2\alpha^2 b + d + 2h}, \quad \tilde{a} = \alpha a - \alpha^2 b x, \quad \tilde{c} = c + dx,$$

$$y = \frac{\alpha^2 b + d}{2\alpha^2 b + d + 2h}, \quad \tilde{b} = \alpha^2 b(1 - y), \quad \tilde{d} = d(1 - y),$$

то формулы для оптимальных объемов передачи электроэнергии совпадают со своими аналогами в модели «М + НСК».

7. Сравнительный анализ рассмотренных вариантов

Сопоставим представленные четыре варианта: «гарантированная регулируемая монополия», «гарантированная нерегулируемая монополия», «монополия + независимая сетевая компания» и «монополия + генерирующая компания» по прибылям сетевой монополии, объемам передачи электроэнергии и разнице цен в узле-генераторе и узле-потребителе.

Будем исследовать случаи различной пропускной способности q_0 (она в данном случае будет объясняющей переменной) и различной величины постоянных издержек на строительство новой ЛЭП. На рис. 11–14 представлены графики вариантов издержек на строительство новой ЛЭП:

- 1) $TC(\Delta q) = 5 + 0,5\Delta q + 0,1(\Delta q)^2$ (минимальные постоянные издержки);
- 2) $TC(\Delta q) = 13 + 0,5\Delta q + 0,1(\Delta q)^2$ (невысокий уровень постоянных издержек);
- 3) $TC(\Delta q) = 20 + 0,5\Delta q + 0,1(\Delta q)^2$ (типичный уровень постоянных издержек);
- 4) $TC(\Delta q) = 32 + 0,5\Delta q + 0,1(\Delta q)^2$ (высокие постоянные издержки).

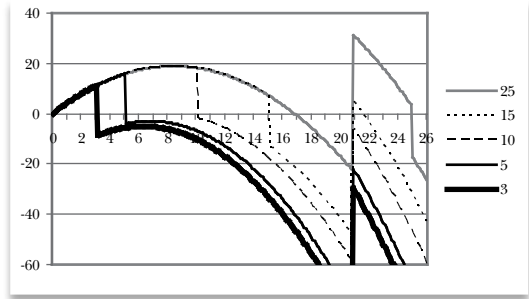


Рис. 10

Зависимость прибыли от объема передачи при разной пропускной способности q_0

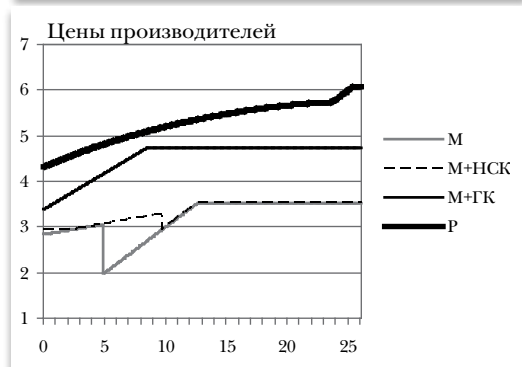
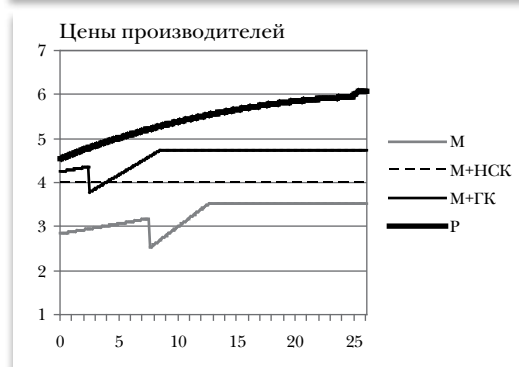
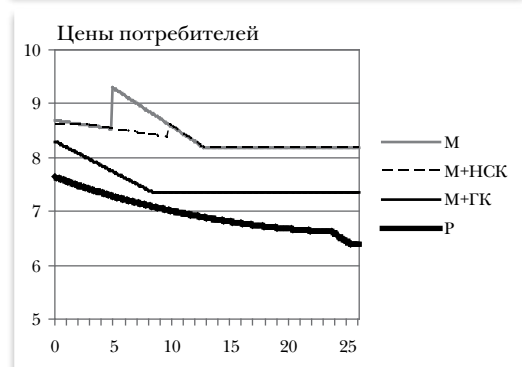
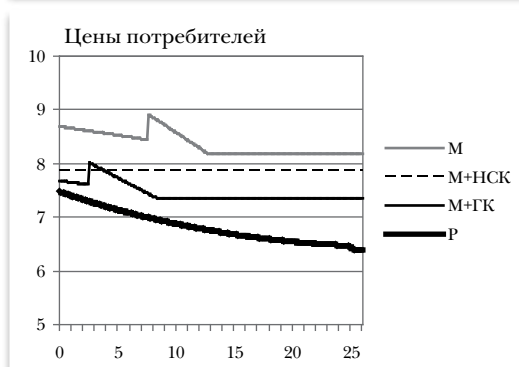
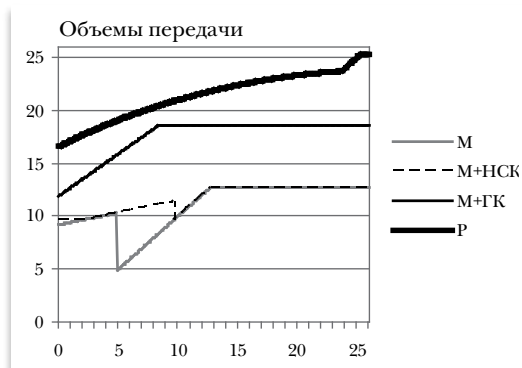
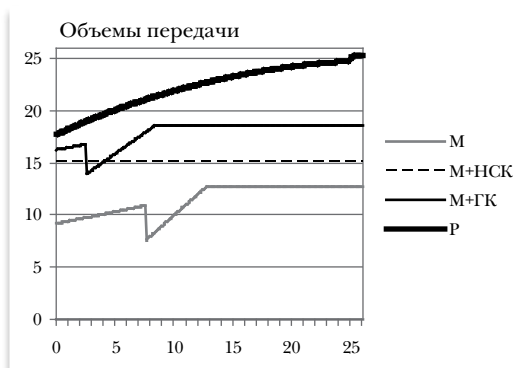
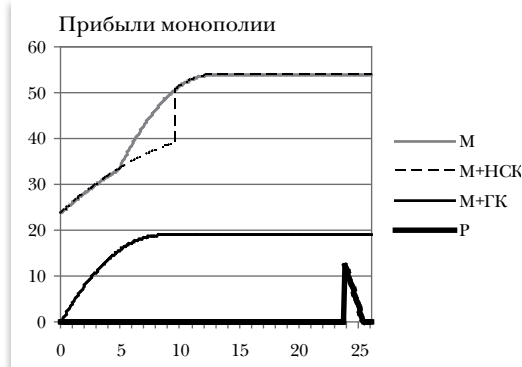
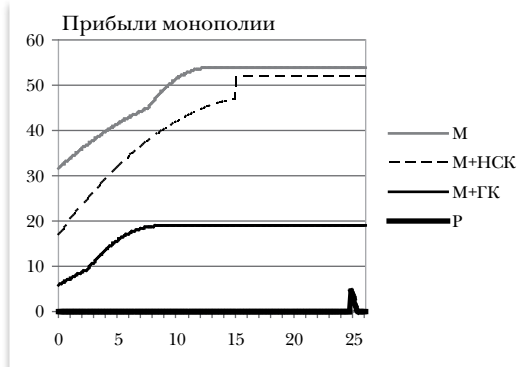


Рис. 11

Зависимость экономических показателей от q_0
для $TC(\Delta q) = 5 + 0,5\Delta q + 0,1(\Delta q)^2$

Рис. 12

Зависимость экономических показателей от q_0
для $TC(\Delta q) = 13 + 0,5\Delta q + 0,1(\Delta q)^2$

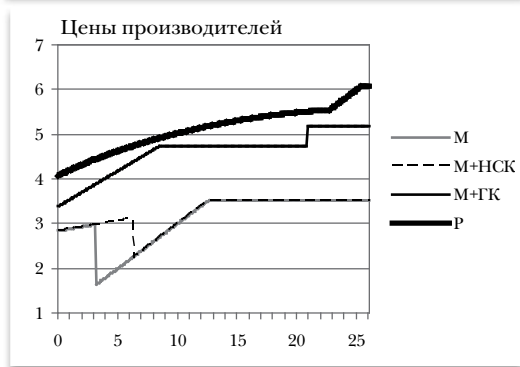
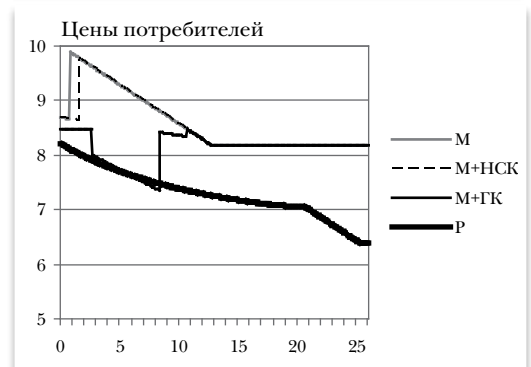
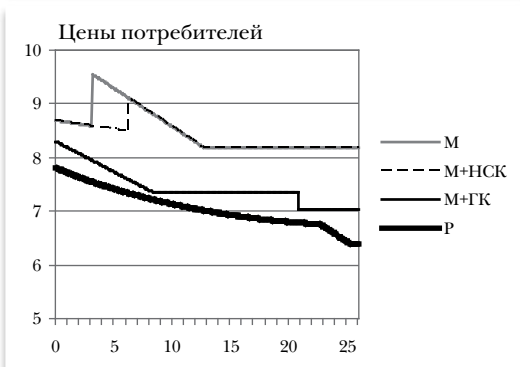
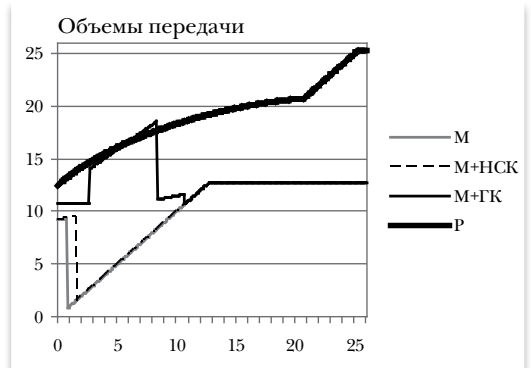
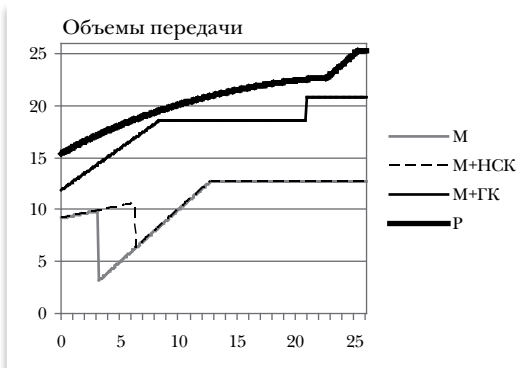
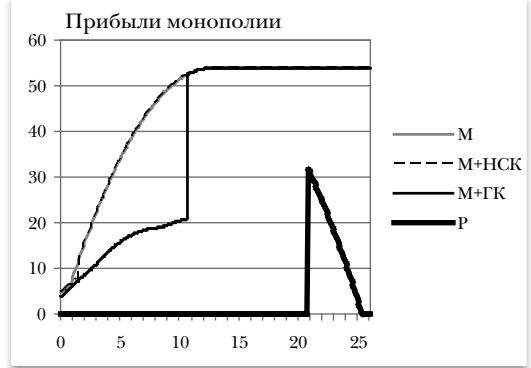
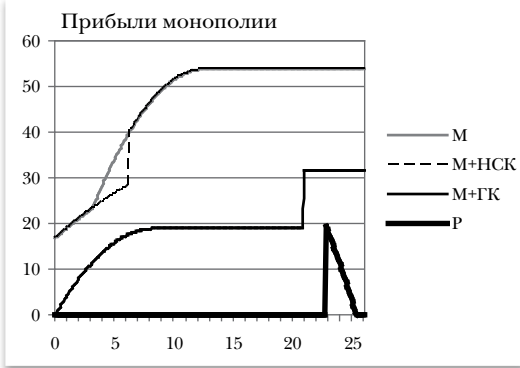


Рис. 13

Зависимость экономических показателей от q_0
для $TC(\Delta q) = 20 + 0,5\Delta q + 0,1(\Delta q)^2$

Рис. 14

Зависимость экономических показателей от q_0
для $TC(\Delta q) = 32 + 0,5\Delta q + 0,1(\Delta q)^2$

8. Равновесие угроз

Указанные выше стратегии не являются единственно реализуемыми на рассматриваемом рынке передачи электроэнергии. В частности, существующая на рынке сетевая монополия может не полностью задействовать построенные ею пропускные мощности, а использовать их исключительно как сигнал конкурентам о потенциально возможном в сжатые сроки расширении передачи и снижении прибыльности рынка. Данный подход был исследован М. Спенсом при моделировании последовательного выбора мощностей (Spence, 1977) на олигопольных рынках. Применим этот подход и в нашей ситуации.

Для независимой сетевой и генерирующей компании может оказаться невыгодным входить на рынок при наличии у сетевой монополии пропускных способностей, позволяющих передавать такие объемы электроэнергии, которые делают конкуренцию на этом рынке убыточной. Соответственно, монополия получает в распоряжение новую стратегию – построить пропускные мощности, закрывающие вход на рынок, но задействовать их не полностью, а исходя из максимизации собственной прибыли.

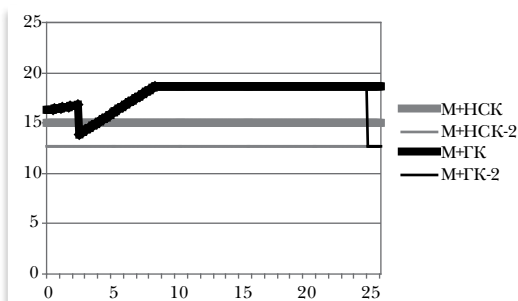


Рис. 15

Объемы передачи при $FC = 5$

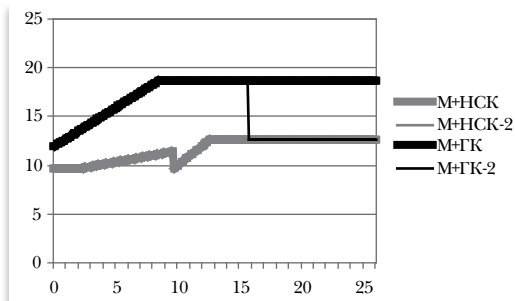


Рис. 16

Объемы передачи при $FC = 13$

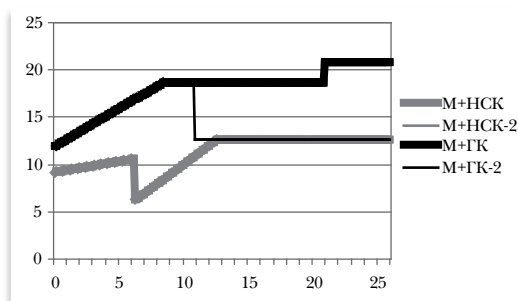


Рис. 17

Объемы передачи при $FC = 20$

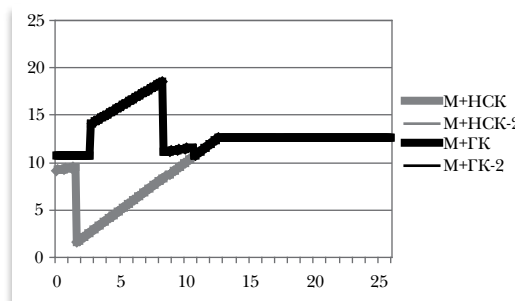


Рис. 18

Объемы передачи при $FC = 32$

Такое «равновесие угроз» (а вышеописанное поведение экономических агентов на данном рынке вполне реально) приводит к существенно худшим по сравнению с моделями, перечисленными выше, результатам: строятся избыточные пропускные мощности, реальный объем передачи электроэнергии при этом небольшой, но велика разница цен в генерирующем узле и узле-потребителе. Однако меньшим из зол здесь является структура «М + ГК», что наглядно демонстрируют рис. 15–18. На графиках представлены зависимости объемов передачи электроэнергии от имеющейся изначально пропускной способности q_0 для случаев различных постоянных издержек FC на строительство новой ЛЭП. Цифра «2» в названии графика указывает на то, что сетевая монополия может использовать «стратегию угрозы» для сохранения рыночной власти.

9. Выводы по моделям

1. Наиболее типична следующая с точки зрения общественной эффективности ситуация: $M < M + НСК < M + ГК < P$.

Если исключить труднореализуемый в идеальном виде на практике вариант гарантированной регулируемой монополии, то максимальные объемы передачи электроэнергии при самой низкой цене передачи демонстрирует монополия, находящаяся в условиях потенциальной (или реальной) конкуренции с генерирующей компанией. В то же время потенциальная конкуренция с независимой сетевой компанией (особенно при высоких издержках строительства новой ЛЭП), часто из-за слабости последней, не приводит ни к какому улучшению в сравнении с ситуацией гарантированной нерегулируемой монополии.

2. Увеличение имеющейся пропускной способности далеко не всегда благоприятно сказывается на итоговых объемах передачи электроэнергии и ценах на передачу. Довольно часты (особенно при нерегулируемой монополии или ее потенциальной конкуренции с независимой сетевой компанией) ситуации, когда изначальное увеличение пропускной способности сети приводит к нежеланию сетевой монополии расширять объемы передачи и снижать цены (например, рис. 13; рост q_0 – с 2 до 7).

3. Несмотря на общую тенденцию к преимуществу структуры «М + ГК» перед «М + НСК», при небольших издержках расширения сети не исключена ситуация, когда независимая сетевая компания оказывается более эффективной, чем генерирующая, в условиях потенциальной конкуренции с сетевой монополией (например, рис. 11; $q_0 = 3$). Однако вероятность этого весьма невелика, а с ростом издержек падает еще сильнее.

4. При высоких издержках возможна уникальная ситуация, когда конкуренция между сетевой монополией и генерирующей компанией приводит к результатам более эффективным с точки зрения общественного благосостояния, чем идеальное государственное регулирование сетевой монополии в условиях полной информации и отсутствия оппортунистического поведения (например, рис. 14: $q_0 = 8$).

5. Основной причиной преимущества структуры «М + ГК» является интернализация прибыли: генерирующая компания может осуществлять передачу энергии себе в убыток (в частности, инвестируя крупные суммы в строительство новых ЛЭП), если эти потери компенсируются ростом прибыли от продажи увеличившегося количества электроэнергии. Ни сетевая монополия (вне зависимости от жесткости регулирования), ни независимая сетевая компания подобных преимуществ не имеют.

6. Если генерирующая компания представляет заявки на продажу электроэнергии по ценам, не совпадающим с ее краткосрочными предельными издержками, преимущество структуры «М + ГК» по сравнению с остальными вариантами еще более увеличивается.

10. Заключение

Главным результатом исследования является демонстрация потенциальной конкуренции как эффективного инструмента, позволяющего рыночными методами регулировать рынок передачи электроэнергии. Угроза входа на рынок новых конкурентов вынуждает существующую сетевую компанию расширять объемы передачи и снижать цены. При этом более опасными для монополии являются не специализированные сетевые компании, а вертикально-интегрированные, объединяющие внутри себя генерирующие и передающие мощности, компании. Действительно, заявленные монополистом объемы передачи электроэнергии, которые остановят независимую сетевую компанию, по причине интернализации прибыли могут оказаться недостаточными для закрытия входа на рынок генерирующей компании. Кто окажется в выигрыше? И потребители, получающие больше энергии по более низким ценам, и производители, продающие больше энергии по более высоким ценам – за счет сокращения монопольных прибылей сетевой компании, которых, тем не менее, оказывается достаточно, в том числе и на строительство новых ЛЭП.

Разумеется, все сделанные выше выводы справедливы при наличии потенциальной конкуренции. Если имеющаяся сетевая монополия не будет ограничена возможностью входа на рынок конкурента, интеграция в рамках одной компании генерирующих и передающих мощностей действительно приводит к крайне негативным с точки зрения общества эффектам в случае невмешательства государства и усложнения регулирования – при активной государственной позиции. Возможно, это и является причиной нынешней политики, направленной на запрет деятельности вертикально-интегрированных компаний в России. Однако запрет означает, что в обозримом будущем рынок передачи электроэнергии предполагается регулировать исключительно директивно, в то время как представленные методы регулирования могли бы служить неплохим дополнением жесткому государственному управлению, не отличающемуся в настоящее время эффективностью, в том числе из-за неполноты информации у регулирующих органов, давления компаний на лиц, принимающих решения, и других причин.

Полученные результаты показывают, что было бы целесообразно рассмотреть возможность отмены в России запрета на совмещение генерации и передачи электроэнергии в рамках одной компании для нового вводимого оборудования. Немалую пользу может принести также полноценная собственность на электросетевое оборудование, т.е. отказ от принудительной передачи новых, построенных линий электропередач в управление Федеральной сетевой компании, в том числе высоковольтных линий, присоединенных к крупным генераторам и узлам нагрузки и пересекающих границы регионов.

Литература

- Давидсон М.Р., Догадушкина Ю.В., Крейнс Е.М.** и др. (2004): Математическая модель конкурентного оптового рынка электроэнергии в России // *Известия РАН. Теория и системы управления*. № 3. С. 72–83.
- Кузнецов Ю.В.** (2001): Запрет вертикальной интеграции увеличивает риски инвестиций в электроэнергетику. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://old.polit.ru/documents/420573.html>, свободный. Загл. с экрана. Яз. рус. (дата обращения: май 2011 г.).
- Кузнецов Ю.В., Лебедев Г.В., Львин Б.М.** (1999): Концепция развития энергетики в Российской Федерации. М.: МГТУ.
- Львов Д.С., Чернавский С.Я.** (2000) О реформировании электроэнергетики России // *Экономическая наука современной России*. № 2. С. 53–60.
- Постановление Правительства РФ № 41 (2006): О критериях отнесения объектов электросетевого хозяйства к единой национальной (общероссийской) электрической сети. 26.01.2006.
- Федеральный закон Российской Федерации № 35 (2003): Об электроэнергетике. 26.03.2003.
- Федеральный закон Российской Федерации № 36 (2003): Об особенностях функционирования электроэнергетики в переходный период и о внесении изменений в некоторые законодательные акты Российской Федерации и признании утратившими силу некоторых законодательных актов Российской Федерации в связи с принятием федерального закона «Об электроэнергетике». 26.03.2003.
- Barkovich B., Hawk D.** (1996): Charting a New Course in California // *IEEE Spectrum*. July. P. 26–31.
- Baumol W., Panzar J., Willig R.** (1982): Contestable Markets and the Theory of Industry Structure. N.Y.: Harcourt Brace Jovanovich.
- DiLorenzo T.** (1996): The Myth of Natural Monopoly // *The Rev. of Austrian Econ.* Vol. 9. № 2. P.43–58.
- Farsi M., Fetz A., Filippini M.** (2008): Economies of Scale and Scope in Multi-Utilities // *The Energy Journal*. Vol. 29. № 4. P. 123–144.
- Gordon R.** (1982): Reforming the Regulation of Electric Utilities. Lexington: Lexington Books.
- Hay D., Morris D.** (1996): Industrial Economics and Organization. Oxford: Oxford University Press.
- Joskow P.** (2007): Regulation of Natural Monopoly. Chapter 16. «*Handbook of Law and Economics*». M. Polinsky and S. Shavell (eds.). Amsterdam: Elsevier.
- Joskow P.** (2008): Incentive Regulation and its Application to Electricity Networks

- // *Rev. of Network Econ.* Vol. 7. № 4. P.547–560.
- Joskow P.** (2010). Market Imperfections versus Regulatory Imperfections // *CESifo DICE Report*. Vol. 8. № 3. P. 3–7.
- Laffont J., Tirole J.** (1993): *The Theory of Incentives and Procurement*. Cambridge: MIT Press.
- Lamoureux M.** (2001a): Evolution of Electric Utility Restructuring in the UK // *IEEE Power Engineering Rev.* June. P. 3–5.
- Lamoureux M.** (2001b): Evaluation of Electric Utility Restructuring in the UK // *IEEE Power Engineering Rev.* June. P. 6–9.
- Lamoureux M., Palamarchuk S.I., Voropai N.I.** (2003): Current Developments in Russian Power Industry Restructuring. In: «*Proc. Liberalization and Modernization of Power Systems: Congestion Management Problems*». The International Workshop. P. 117–128.
- Martin S.** (2000): The Theory of Contestable Markets // *Bulletin of Economic Research*. Vol. 37. № 1. P. 65–68.
- Owen B., Brauetigam R.** (1978): *The Regulation Game: Strategic Use of the Administrative Process*. Cambridge: Ballinger Publishing Company.
- Rudnick H.** (1996): Pioneering Electricity Reform in South America // *IEEE Spectrum*. Vol. 33. № 8. P. 39–44.
- Spence M.** (1977): Capacity, Investment and Oligopolistic Pricing // *Bell Journal of Economics*. Vol. 8. P. 534–544.
- Stigler G.** (1971): The Theory of Economic Regulation // *Bell Journal of Economics and Management Science*. Vol. 2. P. 3–21.
- Surrey J.** (1996): *The British Electricity Experiment*. London: Earthscan Publications Ltd.
- Vassiliev M.Yu.** (2005): Vertical Integration in Electricity Markets // *Proc. 2005 IEEE Russia Power Tech International Conference*. P. 1–4.
- Voropai N.I., Palamarchuk S.I., Podkovalnikov S.V.** (2002): Present State and Liberalization Process of Russian Electricity Industry // *Proc. Power System Management and Control Conference*. P. 31–34.
- Поступила в редакцию 18 января 2011 г.*

M.Yu. Vassiliev

ESI, Irkutsk

A.Yu. Filatov

ISU, Irkutsk

The Models of Strategic Interaction between Network and Generating Companies at Electricity Transmission Market

The paper considers the strategic interaction between network and generating companies at electricity transmission market within the simplest electric power system with two nodes. The four possible variants of the market organization are investigated: guaranteed regulated and non-regulated network monopoly, network monopoly facing potential competition from the independent network company or generating company. The possible consequences and by-effects of vertical unbundling, in particular, influence of such a regulation on the prices and network transfer capabilities, are analyzed. It is shown that the elimination of monopolistic preferences on electric power transmission with the possibility of network objects building and operation by the generating companies is an effective mechanism for electricity price reduction.

Keywords: *oligopoly, monopoly, strategic interaction, potential competition, Nash equilibrium, electricity transmission market*

JEL classification: D21, L13, L94.